第 26 卷 第 3 期 昆 虫 学 报 Vol. 26, No. 3
1983 年 8 月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Aug., 1983

褐稻虱翅型分化的研究

张 增 全
(上海市农业科学院植物保护研究所)

摘要 本文探讨温度、湿度、光周期、虫口密度、虫龄、水稻生育期和植株营养等与褐稻虱(*Nilaparvata lugens* Stål)翅型分化的关系。进一步明确了影响褐稻虱翅型分化的主要因素是稻株营养成分的变化,而1龄若虫期的营养好坏,是决定翅型比率的关键。其次为温度和光周期。相对湿度和若虫群集密度与褐稻虱翅型分化关系不明显。

褐稻虱(*Nilaparvata lugens* Stål)的成虫有长翅型和短翅型。其中短翅型发育进度较快,繁殖力较强。有些单位曾将短翅型出现时间、数量等作为预测褐稻虱发生量的依据。因此,摸清褐稻虱翅型分化规律,对于防治褐稻虱具有重要的现实意义。有关这方面的研究,虽有零星报道,但多局限于1—2个生态因子。1979年开始,我们对影响褐稻虱翅型分化的生态因子,包括温度、湿度、光周期、若虫群集密度、虫龄、水稻生育期和植株营养等,作了较全面地探索,本文报告其结果。

材 料 与 方 法

本研究采用大田实地考查和室内外人工模拟接虫饲养相结合的方法,在观察褐稻虱翅型分化比率同时,进行必要的植株营养成分含量的测定。

一、温度因子试验 4平方米控温室,自动调节温度,平均温度分别为21℃(19—25℃)、27℃(24—30℃)和31℃(28—33℃);日夜温差均为6℃。以一千瓦碘钨灯2只作光源,每天光照16小时。每盆栽分蘖期双丰一号晚粳10株,罩以尼龙纱罩,接入初孵1龄若虫50头,设三次重复。湿度:以盆内保持有水,并每天喷水4次,一般控制在RH 70%左右。

二、相对湿度试验 用内径为24 cm的干燥器,内装蒸馏水(RH = 100%)、磷酸二氢钠(RH = 95%)、氯化钾(RH = 87%)、硫酸钠(RH = 82%)、氯化钠(RH = 76%)、硝酸铵(RH = 64%)和硝酸钙(RH = 53%)的饱和液来控湿。以湿棉包住2—5根稻苗根部,外包塑料布,将稻苗放入内径5cm、长15cm的尼龙纱管中,两端都塞海绵塞。每管接上等量的初孵1龄若虫,每隔2—3日换饲料一次,直至羽化。

三、光周期试验 室内试验条件与温度试验同,27℃恒温。用内黑、外白的双层布罩定时遮光,每天光照期为4、8、12和16小时,设三个重复。饲料采用分蘖期双丰一号晚粳,每盆接1龄若虫50头。近羽化时隔日统计翅型分化比率。室外光照试验是将室内遮

本文于1982年9月收到。
本研究承蒙中国科学院动物研究所钦俊德教授指教与审阅文稿,谨此致谢。
顾金炎、陈建民、郑惠忠、夏其明、陈晓凤、张伟萍等同志参加部分工作。

光移至室外场地上，以太阳光为光源，自然变温。光照期设 4、8、12 小时和全日光照四个处理，其余与室内相同。

四、若虫群集密度试验　在同一生育期等数稻苗上接上不等数的初孵 1 龄若虫，统计翅型分化比率。

五、若虫龄期试验　用初孵 1 龄若虫、营养条件较差的稻株上孵化、饲养的 2—4 龄若虫，在生长一致而等数稻苗上分别接上同等虫数，统计翅型分化比率。

六、水稻生育期试验　在不同生育期的等数稻苗上接上等数初孵 1 龄若虫，统计翅型分化比率。

七、水稻植株营养成分试验　大田从水稻分蘖期开始，每隔 5 天调查不同翅型比率，同时测定植株营养成分含量。根据若虫发育历期，将所测得的营养成分含量与测试后 20—25 天的翅型比率作比较。并在室内以木村 B 培养液加不同浓度氨基酸培育双丰一号晚粳稻，用 40 天左右日龄秧苗作为饲料，进行接虫和氨基酸含量测定，从中得出植株营养成分对翅型分化的作用。氨基酸测定用日本日立公司 835-50 型氨基酸自动分析仪。蛋白质测定采用半微量凯氏法。可溶性糖测定采用蒽酮比色法。

结 果 与 讨 论

一、温度与翅型分化的关系

1979 年，在控温室内的试验可以看出：21℃ 与 27℃ 平均温度组的翅型分化率很接近，两者差异不显著。但 32℃ 平均温度组的翅型分比率，长翅型出现率高达 70.97%，而短翅型的出现率降至 29.03%（见表 1）。

表 1　温度与褐稻虱翅型分化关系（%）（1979.9—10）

温度 \ 翅型 / 性别	长翅型			短翅型		
	雌	雄	合计	雌	雄	合 计
21℃	14.50	36.40	50.90	32.73	76.36	49.09
27℃	7.92	45.54	53.97	33.66	12.87	46.03
32℃	25.00	45.97	70.97	25.81	3.23	29.03

二、湿度与翅型分化的关系

Dyck 等（1977）认为，潮湿环境有利于褐稻虱发育和种群增长，70—85% 的相对湿度对其发育有利。国际水稻研究所（1976）认为：50—60% 的相对湿度的恒温条件有利褐稻虱种群增长。本试验由于控温室内的控湿条件尚不理想，故改用 24 cm 的干燥器配制化学试剂饱和液来控湿。通过 1980 年与 1982 年试验，除了 1982 年的短翅型出现率稍高于 1980 年外，各湿度之间的差异不明显。由此可见，一般情况下，相对湿度与褐稻虱翅型分化比率的关系不密切（见图 1）。

三、光周期与翅型分化的关系

Kisimoto（1965）曾指出，“在 8 小时的光照下，短翅型雄个体出现比率要比 12.5 小

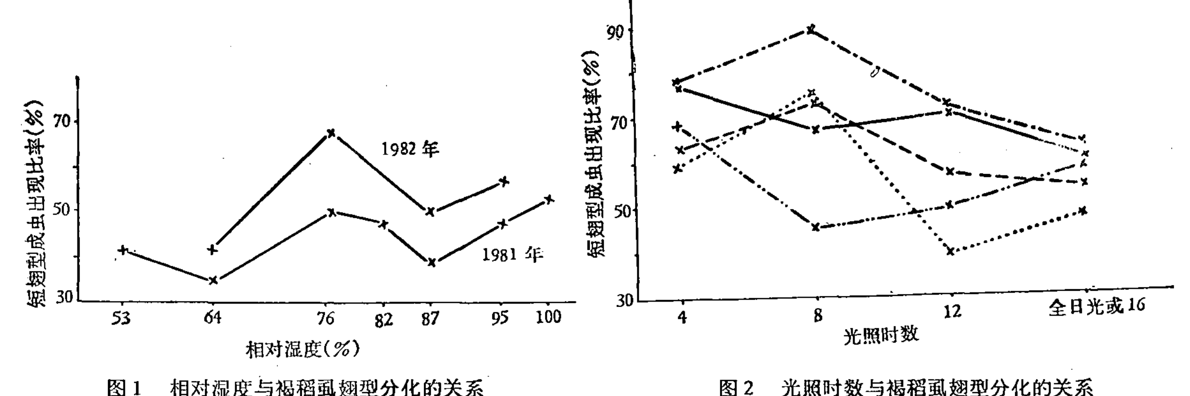


图 1 相对湿度与褐稻虱翅型分化的关系

图 2 光照时数与褐稻虱翅型分化的关系
——室外平均 31.5℃ ----室外平均 30.3℃ —·—室外平均 27.8℃ —··—室外平均 22.1℃ ·····室内平均 27.0℃

时、16 小时及 24 小时光照者显著高。但雌虫翅型的出现比率不受光周期长短的影响。”从我们 1979—1980 两年室内外 5 次试验结果看，光周期确实影响褐稻虱翅型的比率。室内定温试验结果表明：短翅型的出现比率，以每天 8 小时光照组为最高，以每天 12 小时光照组为最低，两者差异显著。在 8 小时光照下，短翅型雌、雄个体出现的比率（雌为 51.38%，雄为 23.85%）明显高于 12 小时（雌为 25.86%，雄为 12.93%）与 16 小时（雌为 33.66%，雄为 12.87%）光照。反之在 12 小时与 16 小时光照下，长翅型雄性个体出现率却有明显高于 8 小时光照组。从雌性个体出现率看，12 和 16 小时光照组显著低于 8 小时光照组，前者分别为 35.34% 和 41.58%，后者为 51.38%。室外变温试验在 27.8℃ 和 30.3℃ 平均温度中的试验结果与室内基本一致。在 31.5℃ 和 22.1℃ 平均温度中的两次试验却与上二次室外的试验结果不同，即 4 小时光照下，短翅型的出现比率较高。全日照的也高（60.00% 和 58.11%），长短日照之间的差异不明显。综观上述试验，适宜褐稻虱繁殖的季节内，短光照有利于短翅型个体的出现，短翅型雌个体出现比率更明显。由此可知，田间插秧过密、施肥过量，稻株过早封行，稻从基部光照减少，以及植株营养成分变化，是导致田间短翅型比率上升，虫口密度骤增的因素（见图 2）。

四、若虫群集密度与翅型分化的关系

不少学者认为若虫群集密度是翅型分化的重要因子（岸本，1956；王希仁，1981 等）。据我们多年田间实地观察，情况不尽相同。1979 年 9—10 月间的室内控温试验结果与岸本、王希仁等的相似，短翅型比率确是随着接虫量的递增而减少，差异显著。但 1981 年的两次室外虫口密度试验结果却不同。第一次试验短翅型出现比率以 50 头虫的为最低，而 200 头虫的为最高；第二次试验中的短翅型出现比率，100 头与 300 头之间的差异仅为 −0.14%，很难说若虫群集密度与褐稻虱翅型分化率的关系密切。根据两年试验分析，我们认为：1979 年室内试验的光、温、湿等对水稻的生长不利，稻株承受为害的能力下降，过量虫口密度必然导致低龄若虫营养不良，促使向长翅型发展。1980 年室外试验条件接近大田，水稻生长、发育良好，承受为害能力高，即使接上 300—405 头初孵若虫，仍可得到所需的营养，故短翅型比率上升。总之，只要水稻长势良好，不论是分蘖期还是拔节期稻株

作饲料，每盆稻（10 苗）接初孵若虫 50—300 头，若虫群集密度与翅型分化比率之间不存在相关性（见图 3）。

再从历年单晚观察圃稻田发生量调查统计中（见表 2）可以看出：单丛稻株上的虫口密度与短翅型出现比率的相关系数仅为 $r = -0.6163$，$p > 0.1$，即相关不显著。

根据室内外试验，调查统计结果表明稻丛虫口密度与短翅型出现比率之间，不存在随虫口密度提高而短翅型出现比率下降的可能性。

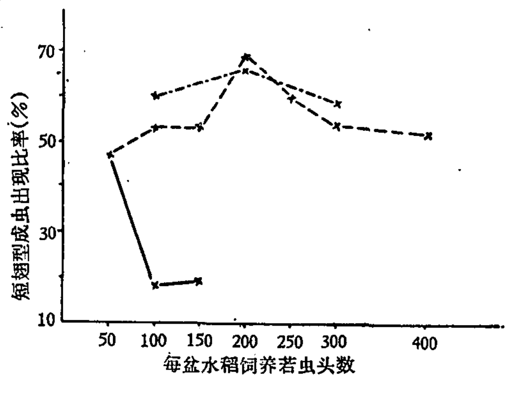


图 3　若虫群集密度与褐稻虱翅型分化的关系

五、若虫龄期与翅型分化的关系

国内首先报道有关这方面材料的是王希仁（1981）。我们于 1980—1981 年先后进行 5 次重复试验，其结果都是 1 龄若虫的可塑性最大，其次是 2、3 龄若虫。不论用籼稻或粳稻作饲料，不论用分蘖期、孕穗期、抽穗期或灌浆期稻苗喂饲的，均以接初孵 1 龄若虫的短翅型出现比率为最高。由此可见。1 龄若虫期是翅型分化的关键龄期。1 龄若虫的营养条件好，短翅型出现的比率就高，反之，短翅型比率下降，而长翅型比率明显上升（见图 4）。

表 2　单晚观察圃稻田虫口密度与短翅比率出现调查

年　份	最高短翅型出现比率(%)		同代 1 龄若虫期田间虫口	
	月/旬	比率(%)	月/旬	平均每丛稻上总虫数
1975	8/底	25.00	8/中	0.39
1976	9/上	54.17	8/中	0.10
1977	8/上	50.00	7/中	0.01
1978	8/下	72.73	8/上	0.03
1979	8/中	56.14	7/下	0.35
1980	8/中	39.01	7/底	0.49
1981	8/上	48.39	7/中	0.04
备注	稻丛虫口与短翅型出现比率之相关性：$r=-0.6163$ $p>0.1$ 即无相关			

六、稻株生育期与翅型分化率的关系

国内多数学者认为，孕穗期稻株有利于出现短翅型。通过多年田间系统调查以及生态模拟试验结果，我们认为孕穗期稻株并不是短翅型比例较高的要素。根据 7 年田间调查资料统计，田间褐稻虱短翅型成虫出现比率最大值最迟是在孕穗末期，影响翅型分化的虫龄是低龄虫，因而需要向前推 20—25 天左右，这时水稻正处于分蘖盛末或拔节期，不可能是孕穗期。8 次室外盆栽模拟试验结果也证实了这一点，孕穗期稻苗上接 1 龄若虫饲养结果，短翅型出现比率不是最高。相反，最高值都出现在分蘖期或拔节期。由此证明，分蘖盛期和拔节期稻苗有利于褐稻虱出现短翅型（见表 3、图 5）。

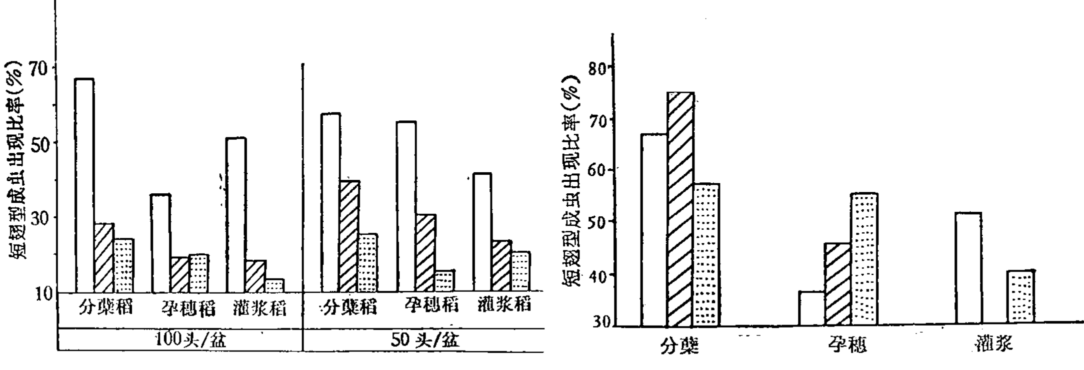


图 4 若虫龄期与褐稻虱翅型分化的关系 (1981 年)
1 龄 2 龄 3 龄

图 5 水稻植株生育期与褐稻虱翅型分化的关系
1979 年 100 头/盆 1980 年 100 头/盆 1981 年 50 头/盆

表 3 单晚观察圃稻田短翅型褐稻虱比率出现情况

年份	最高短翅型比率			同代若虫(1、2 龄)出现期	
	月/日	生育期	比率(%)	月/旬	生育期
1975	8/30	孕穗	25.00	8/中	拔节
1976	9/5	孕穗	54.17	8/中	拔节
1977	8/10	拔节	50.00	7/中	分蘖末
1978	8/25	孕穗	72.73	8/上	拔节
1979	8/15	拔节	56.14	7/下	拔节
1980	8/20	孕穗	39.01	7/底	拔节
1981	8/5	拔节	48.39	7/中	分蘖末

表 4 单晚观察圃稻株营养成分与褐稻虱翅型分化的关系 (1981 年)

稻株营养成分含量测定					20—25天后田间褐稻虱翅型分化比率(%)					
取样日期 月/日	水稻生育期	可溶性糖含量(%)	全氮含量(%)	总游离氨基酸 ppm	长翅型			短翅型		
					雌	雄	合计	雌	雄	合计
7/20	分蘖	—	—	1186.15	24.62	33.85	58.46	33.85	7.70	41.54
7/25	拔节	0.35	1.44	1253.25	14.81	37.04	51.85	40.74	7.41	48.15
7/30	拔节	0.25	1.32	91.48	45.10	41.18	86.28	11.76	1.96	13.72
8/5	拔节	0.40	1.32	111.79	35.33	52.00	87.33	9.67	3.00	12.67
8/26	主茎孕穗	0.84	0.83	218.93	54.09	25.73	79.82	18.71	1.46	20.18
8/30	孕穗	0.86	0.84	318.09	50.00	31.95	81.95	16.54	1.50	18.05
9/5	破口	1.14	0.83	239.02	41.50	51.38	92.89	6.52	0.59	7.11
9/10	抽穗	1.12	0.84	211.09	46.05	49.12	95.17	3.95	0.88	4.83

七、稻株营养与翅型分化率的关系

国内外学者均认为，植株营养成分含量是影响褐稻虱翅型分化比率的重要因素，但未见具体论证资料。我们于 1981—1982 年，进行了水稻植株营养成分含量与褐稻虱翅型分化比率关系的研究。测试材料取自单季晚稻观察圃。从中可以看出植株可溶性含糖量与短翅型出现的比率呈负相关，即前期稻株含糖低，短翅型比率增高，中、后期稻株含糖渐增，

短翅型出现比率反而降低。再从植株含氮量及氨基酸含量分析结果看，两者的含量与褐稻虱短翅型出现比率呈正相关，尤其是游离氨基酸含量的相关性更为密切，经过统计，两者之相关系数为 $r = 0.94$，$t = 6.78$，即 $p > 0.01$。由此可见，稻株中游离氨基酸含量多少，与褐稻虱翅型分化比率的关系极为显著，是主要因素（见表 4）。

综上所述，植株营养条件是直接导致褐稻虱翅型分化比率的主要因素，而温度、光、虫龄、水稻生育期均为次要因素或起间接的作用。

参　考　文　献

王希仁、张灿东　1981　褐稻虱翅型分化的探讨。昆虫知识，**18**(4)：145—8。

末永一　1963　白背飞虱、褐稻虱在不同地区的有关生态学的研究(日文)。九州农业试验报告。1963 年第一期。

陈秋男　1978　水稻褐虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 之生态。邱人璋主编：水稻病虫害：生态学和流行学。台湾农复会。

邹远鼎、陈基诚、王士槐　1982　稻株营养物质与褐稻虱翅型分化的关系。昆虫学报 **25**(2)：220—2。

邬祥光　1978　昆虫型变原理。国外科技(广东科技情报研究所)(8)：41—6。

唐明远、罗泽民、彭忠魁　1979　关于杂交水稻中 r—氨基丁酸等氨基酸含量与抗褐稻虱的相关性。湖南农学院学报(4)：27—30。

黄次伟、陈福云、冯炳灿　1982　褐稻虱食料条件的研究。昆虫知识 **19**(4)：1—4。

彭忠魁、唐明远　1980　水稻品种"740098"的抗褐稻虱机制。昆虫学报 **23**(3)：334—7。

塞川一成　1939　褐稻虱的吸汁习性和水稻的抗虫性(日文)。植物防疫。1979 年第 5 期。译文见：天津农业科学。**1981**(1)：36—9。

Dyck, V. A., Misra, B. C., Alam, S., Chem, C. N., Hsich, C. Y. and Rezesus, R. S. 1977 Ecology of the brown planthopper in the tropics. Paper presented at the International Rice Research Conference, April 18—22, 1977 at IRRI, Lōs'Banos, Laguna, Philippine 74pp.

Hirao, J. 1977 Forecasting brown planthopper outbreaks in Japan. Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. 102—112, IRRI.

Johno, S. 1963 Analysis of the density effect as a determining factor of rice wing form in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. (In Japanese with English summary). *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* **7**: 45—8.

Kisimoto, R. 1957 Studies on the polymorphies in the planthoppers (Homoptera, Araeopidae). III. Differences in several morphological and physiological characters between two wing-forms of the planthopper (In Japanese with English summary). *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* **1**: 146—73.

Kisimoto, R. 1965a Factors determining the wing-form of adult, with special reference to the effect of crowding during the larval period of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Studies on the polymorphism in the planthoppers (Homoptera, Araeopidae), I. (In Japanese with English summary), *Oyo-Kontyu* **12**: 105—11.

Kisimoto, R. 1965b Effect of crowding during the larval period on determination of the wing-form of an adult planthopper. *Nature* (Lond.) **178**: 641—2.

Kuno, E. 1977 Ecology of the brown planthopper in temperate regions. Brown planthopper: Threat to rice production. 45—60, IRRI.

Mochida, O. 1975 A strain producing abundant brachypterous adults in *Nilaparvata lugens*. *Ent. exp. & appl.*, **18**: 465—71.

Mochida, O. and Okada, T. 1977 Taxonomy and biology of *Nilaparvata lugens* (Homoptera, Delphacidae). Brown planthopper: Threat to rice production. 21—44, IRRI.

Sakai, T. & Sōgawa, K. 1976 Effect of nutrient compounds on sucking respose of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.*, **11**: 82—8.

Sekido, S. and Sōgawa, K. 1976 Effects of salicylic acid on probing and oviposition of rice plant-and leaf-hoppers Homoptera: Delphacidae and Deltocephalidae). *Appl. Ent. Zool.*, **11**: 75—81.

A STUDY ON THE DEVELOPMENT OF WING DIMORPHISM IN THE RICE BROWN PLANTHOPPER, *NILAPARVATA LUGENS* STÅL

ZHANG ZENG-QUAN
(Institute of Plant Protection, Shanghai Academy of Agricultural Sciences)

An investigation has been carried out on the effect of various factors on the wing form differentiation of the rice brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* Stål in the past three years (from 1979 to 1982). The purpose is to elucidate which factors are responsible for the development of wing dimorphism in the adults, and the results are summarized as follows:

1. Temperature: It was found that the optimal temperature was very favourable for the occurrence of brachypterous forms and marginal temperatures favour the development of macropterous forms. Within the optimal temperature range (21° to 27°C) for nymphal development and adult reproduction, the wing-form ratio has no significant correlation with temperature. However, variation above or below this range (lower than 21°C or higher than 31°C) resulted in a significant increase in mass occurrence of the macropterous forms.

2. Relative humidity: It was found that the wing dimorphism of BPH was not affected by relative humidity. In the range of 53—100% R. H. no relation could be found between the wing-form ratio and humidity. Relative humidity of 70—85% was favourable for the development and reproduction of the pest but humidity did not appear to be related to the determination of the wing for.

3. Photoperiodism: Wing dimorphism of BPH was significantly influenced by photoperiodical regime. The duration of illumination played a decisive role in determining the proportion of wing-forms. When the nymphs were reared at 21—30°C the highest rate of the brachypterous adults appeared under 8 hour illumination; when reared at below 21°C or above 30°C, the peak of occurrence of brachypterous ones was under 4 hour illumination.

4. Population density: High density of nymphal population had no siginiticance in the determination of wing forms. It was concluded that there was little correlation between nymphal crowding and wing-form ratio; this was also confirmed in field observation.

5. Nymphal instars: The 1st instar was the crucial period in determining wing dimorphism. Favourable condition of food supply during the 1st nymphal instar resulted in higher percentage of brachypterous forms. Contrarily, under unfavourable food condition, the rate of brachypterous ones was lower. This result was not observed when nymphs from 2nd to 4th instar were released on the rice plants.

6. The growth stage of rice plant: Rice in the tillering and shooting stages were most favourable for the occurrence of brachypterous forms. This phenomenon seemed to be attributed to the greater concentration of nutrients in the rice plant. The rice plant in tillering and shooting stages contained more nutrients. such as amino acids and other compounds, which are more favourable for the development of brachypterous forms than in the

other stages.

7. Chemical composition of rice plant: The percentage of brachypterous individuals occurred was positively correlated with the total amounts of nitrogen as well as free amino acids in the leaf sheath at the lower part of the rice plant on which the young nymphs fed (particularly the 1st instar nymph), while a negative correlation was observed with sugars.

It was concluded that, among the above mentioned seven factors, the chemical composition of the rice plant was the factor of primary importance affecting the wing-form ratio of BPH; and temperature and photoperiodism are of secondary importance. Relative humidity and population density were found not related to wing dimorphism. The supply of nutrients for 1st instar nymphs was the key factor influencing the proportion of brachypterous or macropterous individuals.